

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ
ТЕМПЕРАТУРНОГО ДАТЧИКА SKF**

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализации «Сертификация, метрология и управление качеством
в машиностроении»

Идентификационный код ВКР: 332

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра технологии машиностроения, сертификации
и методики профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ТМС
_____ Н.В. Бородина
«_____» _____ 2018 г.

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ
ТЕМПЕРАТУРНОГО ДАТЧИКА SKF**

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализации «Сертификация, метрология и управление качеством
в машиностроении»

Исполнитель:
студентка группы ЗКМ-404С

Л.Ж. Колупаева

Руководитель:
канд. пед. наук,
доцент кафедры ТМС

С.А. Башкова

Нормоконтролер:
доцент, канд. пед. наук,
доцент кафедры ТМС

А.С. Кривоногова

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 65 страницах, содержит 7 рисунков, 11 таблиц, 32 источника литературы, а также 2 приложения на 18 страницах.

Ключевые слова: КАЛИБРОВКА, МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ, СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ.

Колупаева Л.Ж. Разработка проекта методики калибровки температурного датчика SKF: выпускная квалификационная работа / Л.Ж. Колупаева; Рос. гос. проф.-пед. ун-т; Институт инж.-пед. образования, каф. технологии машиностроения, сертификации и методики профессионального обучения. – Екатеринбург, 2018. – 80 с.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка проекта методики калибровки температурного датчика SKF для контроля нагрева индукционного нагревателя на ООО «Уральские локомотивы» в связи с изменившимися требованиями к аккредитации метрологических лабораторий.

В выпускной квалификационной работе проанализирована деятельность предприятия ООО «Уральские локомотивы», дана характеристика системы менеджмента качества и проведен анализ причин брака.

В работе проанализированы требования к структуре и содержанию методики калибровки.

Разработан проект методики калибровки температурного датчика SKF, для контроля нагрева индукционного нагревателя.

В методической части рассмотрена программа повышения квалификации для работников лаборатории метрологической службы и разработано практическое занятие на тему «Методика калибровки термопреобразователя».

В экономической части рассчитаны общие затраты на разработку методики калибровки температурного датчика SKF для проверки работоспособности индукционного нагревателя.

В связи с тем, что в соответствии с ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» и Приказом Министерства экономического развития Российской Федерации «Об утверждении Критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации (с изменениями на 17 марта 2017 года)» от 30 мая 2014 внесены изменения к аккредитации метрологических лабораторий на право калибровки, руководством предприятия ООО «Уральские локомотивы» было принято решение о разработке методики калибровки температурного датчика SKF.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. ОБЩИЙ РАЗДЕЛ.....	11
1.1. Предприятие, выпускаемая продукция.....	11
1.2. Система менеджмента качества предприятий.....	12
1.3. Требования к документации СМК.....	15
1.4. Анализ причин брака и предложения по разработке мероприятий устранения брака.....	15
1.5. Постановка задачи.....	23
2. ОБЗОР И АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ НОРМАТИВНО- ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ.....	24
3. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ.....	26
4. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДАТЧИКА SKF.....	28
4.1. Индукционный нагреватель с температурным датчиком SKF.....	28
4.2. Принцип действия индукционного нагрева.....	29
4.3. Выбор эталонного оборудования.....	31
4.4. Методика калибровки температурного датчика SKF.....	38
5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	44
5.1. Анализ служб (отделов) предприятия, где работники проходят повышение квалификации.....	44
5.2. Работа квалификационной комиссии.....	45
5.3. Порядок подготовки и проведения квалификационных испытаний.....	46
5.4. Анализ профессионального стандарта на специалиста по метрологии.....	47
5.5. Практическое занятие повышения квалификации специалистов метрологической службы.....	53

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	57
6.1. Затраты на разработку методики калибровки температурного датчика.....	57
6.2. Расчет материальных затрат.....	57
6.3. Расчет затрат на оплату труда.....	58
6.4. Расчет определения общих затрат.....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Акт управления несоответствующей продукцией....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Проект методики калибровки температурного датчика SKF.....	67

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ГСИ – государственная система обеспечения единства измерений;

МК – методика калибровки;

МС – метрологическая служба;

СМБ – система менеджмента бизнеса;

СМК – система менеджмента качества;

СИ – средства измерений;

ССБТ – система стандартов безопасности труда;

ТО – техническое обслуживание;

ТП – термоэлектрический преобразователь;

ТС – термопреобразователь сопротивления;

ФЗ – федеральный закон.

ВВЕДЕНИЕ

Требования к промышленному сырью, такому как сталь, алюминий, а также медь и сплавы, которые используются при изготовлении современных машин, оборудования или двигателей постоянно растут. Для того, чтобы выдерживать более высокие нагрузки, необходимо постоянное улучшение их свойств. Эти характеристики во многом зависят от термической обработки.

В настоящее время на предприятии ООО «Уральские локомотивы» увеличивается выпуск продукции, улучшается её качество, совершенствуются меры охраны труда и защиты окружающей среды.

В последние десятилетия индукционный нагрев приобретает всё большее значение.

Универсальные возможности и скорость индукционного нагрева открывает широкие перспективы его применения. Они варьируются от процессов закалки, улучшения свойств металла термообработкой до плавления, пайки и усадки изделий, а также используются для нанесения специальных покрытий. При использовании подобных технологий в сочетании с современными средствами управления и контроля, могут быть достигнуты все необходимые требования. Предпосылкой выполнения требований, особенно для полу- и полностью автоматических производственных установок является соблюдение заданных параметров производства.

Целью промышленного производства, кроме прочего, является изготовление изделий или улучшение их свойств на высоком техническом уровне, а также постоянное повышение качества продукции. При этом требования к параметрам, связанным непосредственно с производственным процессом, часто ограничены строгими рамками. Соблюдение этих ограничений является обязательным, так как в противном случае несоблюдение предельных заданных значений может привести к разрушению или браку детали.

Одним из ключевых параметров при индуктивном нагреве является температура. Основой оптимального регулирования температуры в индукционных нагревательных установках являются температурные датчики.

При индуктивной термообработке предъявляются очень высокие требования не только к нагревательному аппарату, но также к прибору для измерения температуры. Появление хотя бы одного слабого звена в технологической цепочке, в конечном итоге влияет на результат и снижает качество изделия, даже если другие компоненты далеко превосходят поставленные требования.

Целью выпускной квалификационной работы является: разработка проекта методики калибровки температурного датчика SKF, для проверки работоспособности индукционного нагревателя на ООО «Уральские локомотивы» в связи с повышением качества выпускаемой продукции.

Объект выпускной квалификационной работы – анализ деятельности метрологической службы (МС) ООО «Уральские локомотивы».

Предмет выпускной квалификационной работы – разработка проекта методики калибровки температурного датчика SKF, как основной документ для проверки работоспособности индукционного нагревателя.

Задачами ВКР являются:

- проанализировать нормативную, специальную и методическую литературу, по теме ВКР;
- проанализировать деятельность предприятия ООО «Уральские локомотивы» и его системы менеджмента качества (СМК);
- провести анализ требований к структуре и содержанию методики калибровки;
- отобрать содержание разделов методики калибровки;
- разработать проект методики калибровки температурного датчика SKF в соответствии с требованиями нормативных документов;
- в методической части выпускной квалификационной работы провести анализ программы повышения квалификации на специалиста по метрологии и

разработать занятие на тему «Проведение калибровки температурного датчика SKF для определения работоспособности индукционного нагревателя»;

– в экономической части рассчитать затраты на разработку проекта методики калибровки температурного датчика SKF, для проверки работоспособности индукционного нагревателя на ООО «Уральские локомотивы» и определить потенциальную выгоду.

1. ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Предприятие, выпускаемая продукция

«Уральские локомотивы» (г. Верхняя Пышма, Свердловская область) – совместное предприятие Группы Синара и концерна Siemens, которое начало работу 1 июля 2010 года.

Основными видами деятельности «Уральские локомотивы» являются проектирование, производство, продажа и техническое обслуживание тягового и моторвагонного подвижного состава нового поколения, отличающегося повышенной экономичностью, высокими потребительскими, эксплуатационными и экологическими свойствами.

Предприятие выпускает грузовые электровозы с коллекторными тяговыми двигателями «СИНАРА» (серия 2ЭС6), грузовые электровозы постоянного тока с асинхронным тяговым приводом «ГРАНИТ» (серия 2ЭС10), а также магистральный грузовой электровоз, работающий от сети переменного тока 2ЭС7. В декабре 2016 года, после завершения всех испытаний, 2ЭС7 передан для эксплуатации на БАМ Восточно-Сибирской железной дороги.

В мае 2014 года завод выпустил первый пятивагонный скоростной электропоезд «Ласточка». В январе 2015 года, после завершения испытаний и получения сертификата, «Ласточки» поступили в серийное производство, а уже с 1 октября того же года вышли в регулярные рейсы на участках Москва-Крюково-Тверь. С ноября 2015 года «Ласточки» ЭС2Г поступили на маршруты Свердловской железной дороги.

10 сентября 2016 года «Ласточки» ЭС2Г начали перевозить пассажиров на Московском центральном кольце, которое стало крупнейшим прорывным инфраструктурным проектом столицы за последнее десятилетие.

Современные «Ласточки» с первых дней эксплуатации привлекли пассажиров с других видов транспорта. По информации Министерства транспорта Москвы открытие кольца снизило нагрузку на основные ветки метро на 15

%. За первые полгода эксплуатации на МЦК услугами «Ласточек» воспользовалось более 55 млн. пассажиров.

Завод «Уральские локомотивы» сертифицирован по международным стандартам ISO 9001 и IRIS.

Мощный производственный и технологический потенциал предприятия позволяет решать задачи по разработке и выпуску высокотехнологичного подвижного состава, не уступающего по своим характеристикам зарубежным аналогам. Производственный комплекс оснащен оборудованием лучших мировых производителей и является одним из самых современных в Европе [1].

1.2. Система менеджмента качества предприятий

В ООО «Уральские локомотивы» разработана, документирована, внедрена, поддерживается в рабочем состоянии и постоянно совершенствуется СМБ в соответствии с требованиями стандарта IRIS, ГОСТ Р ИСО 14001-2007; ГОСТ Р 54934-2012/ OHSAS 18001:2007.

СМБ представляет собой совокупность организационной структуры, процедур, процессов и ресурсов, необходимых для управления качеством, экологией, охраной труда, промышленной безопасности, обеспечения соответствия продукции установленным требованиям, отвечающим потребностям и ожиданиям потребителя, законодательным и обязательным требованиям, и распространяется на все этапы жизненного цикла продукции.

Руководство по СМБ (далее Руководство) является основным документом системы менеджмента бизнеса, действующим в ООО «Уральские локомотивы».

Руководство по СМБ определяет область применения системы менеджмента бизнеса, ее структуру, распределение ответственности и полномочий по процессам СМБ. В Руководстве определены процессы и дано краткое описание взаимодействия процессов, приведены ссылки на документированные

процедуры, содержащие описание процессов СМБ; определен документооборот; описан механизм реализации функционирования и улучшения СМБ.

В Руководстве изложены основные положения системы менеджмента бизнеса, разработанной в соответствии с требованиями стандартов:

- IRIS, версия 02, включая ISO 9001 (ГОСТ ISO 9001-2008);
- ГОСТ Р ИСО 14001-2007;
- ГОСТ Р 54934-2012/ OHSAS 18001:2007.

Руководство включает в себя описание взаимодействия процессов СМБ. В Руководстве приводятся ссылки на стандарты и другие документы СМБ организации, в которых установлены требования по управлению соответствующими процессами СМБ ООО «Уральские локомотивы».

Область применения системы менеджмента бизнеса:

- 1) Проектирование и разработка, производство, гарантийный ремонт и обслуживание тягового подвижного состава, его узлов и деталей;
- 2) Проектирование и разработка, производство, гарантийный ремонт и обслуживание региональных и пригородных поездов, их узлов и деталей;
- 3) Проектирование и разработка, производство, гарантийный ремонт и обслуживание моторной тележки, ее узлов и деталей.

Основными потребителями – целевыми рынками сбыта ООО «Уральские локомотивы» являются:

- ОАО «Российские железные дороги»;
- Железные дороги стран СНГ;
- частные компании.

Область сертификации по IRIS в ООО «Уральские локомотивы» распространяется на:

- 3.1 Моторная тележка (двухосная тележка двигателя);
- 18.2 Региональные и пригородные поезда;
- 18.6 Локомотивы.

Процессы СМБ реализуются во всех структурных подразделениях Общества в соответствии с Организационной структурой ООО «Уральские локомотивы».

Цели системы менеджмента бизнеса:

а) демонстрация способности предоставлять продукцию, которая соответствует требованиям потребителей и применимым нормативным требованиям;

б) повышение удовлетворенности потребителей посредством результативного применения СМБ и ее постоянного улучшения;

в) предотвращение (а не устранения) несоответствий (несоответствий в продукции, несоответствий в управлении, в работе, в информационных потоках, в планировании и т.д.);

г) снижения вероятности появления рисков (бизнеса, конструкции, технологии, охраны труда и здоровья, влияния на экологию, рисков поставщиков);

д) расстановки приоритетов в движении денежных средств, т.е. финансирование проблем по важности и направления сил на их решение по значимости (от самых сложных до незначительных);

е) оптимального выстраивания бизнес-процессов для:

ж) повышения результативности функционирования СМБ;

з) совершенствования и улучшения взаимодействия между процессами;

и) достижения целей бизнеса.

ж) выхода на более высокую ступень управления предприятием (мирового уровня) для обеспечения качества и безопасности продукции, а, следовательно, для удовлетворения требований Заказчиков;

и) управления рисками и улучшения показателей деятельности в области охраны труда и промышленной безопасности и охраны окружающей среды.

В ООО «Уральские локомотивы» разработана и внедрена система управления рисками, которая включает цели, задачи и принципы управления рисками, подходы к анализу и оценке рисков, методику оценки рисков [2].

1.3. Требования к документации СМК

Требования к документации СМБ ООО «Уральские локомотивы» определяются ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Документы включают в себя шесть уровней.

Первый уровень – Политика в области качества, Политика в области технической безопасности, Политика в области охраны труда, промышленной безопасности и окружающей среды;

Второй уровень – Цели бизнеса, Цели в области охраны труда, промышленной безопасности и окружающей среды, Цели в области безопасности и Цели департаментов в области бизнеса, включая цели охраны труда, промышленной безопасности и окружающей среды на год;

Третий уровень – Руководство по СМБ, Карты процессов – документы, регламентирующие процедуры процессов, в которых определены входные, выходные данные, этапы процесса, ответственность и ключевые показатели результативности процесса.

Четвертый уровень – Стандарты организации по СМБ – документы, в которых установлены требования по организации и порядку управления процессами СМБ Общества;

Пятый уровень – инструкции системы менеджмента бизнеса, положения системы менеджмента – документы, необходимые Обществу для производства продукции и функционирования СМБ;

Шестой уровень – записи о качестве, по охране труда, промышленной безопасности и окружающей среде [13].

1.4. Анализ причин брака и предложения по разработке мероприятий устранения брака

Основной порядок управления несоответствующей продукцией установлен СТО 8.3-01 «Управление несоответствующей продукцией»

Целью управления несоответствующей продукцией является предотвращение выпуска, несанкционированного использования несоответствующей продукции в производстве.

Документированные результаты деятельности по управлению несоответствующей продукцией (записи по качеству) являются составной частью данных для анализа СМБ со стороны руководства.

Требования настоящего стандарта обязательны для всех подразделений, участвующих в процессах жизненного цикла продукции (контроле, измерениях, испытаниях и выпуске готовой продукции).

Классификация несоответствий

В зависимости от влияния несоответствия на продукцию несоответствия подразделяются на:

- незначительные несоответствия;
- значительные.

Незначительные несоответствия являются нарушением требований НД и КД, но не оказывают отрицательного влияния на продукцию и позволяют провести коррекцию, исправление продукции без нарушения требований КД.

Значительные несоответствия влияют на характеристики, свойства и предназначение продукции и не подлежат исправлению.

1.4.1. Управление несоответствующей продукцией

Управление несоответствующей продукцией включает:

- выявление несоответствующей продукции;
- идентификацию несоответствующей продукции;
- документирование несоответствующей продукции на всех этапах производственного цикла;
- изоляцию несоответствующей продукции;
- анализ несоответствующей продукции и принятие решения о возможности ее дальнейшего использования;
- утилизацию несоответствующей продукции в случае ее окончательного несоответствия;

- уведомление потребителя и получение его разрешения на использование отремонтированной продукции или продукции с отклонением, если это оговорено в договоре/контракте;

- определение потерь и порядок удержания ущерба с виновного лица.

Оформление несоответствий продукции в производстве проводится с целью определения причин, потерь и виновного лица, принятия решений о дальнейших действиях с несоответствующей продукцией, а также проведения корректирующих действий для устранения причин возникновения несоответствий продукции.

Несоответствующая продукция может быть выявлена:

- при проведении входного контроля;
- при контроле и испытаниях в процессе производства;
- при изготовлении продукции;
- при операционном и приемочном контроле;
- при испытании продукции;
- при оформлении сопроводительной документации;
- при инспекционных проверках (аудит, контроль технологической дисциплины и т.д);
- во время эксплуатации у потребителя.

При выявлении несоответствия, продукция задерживается, идентифицируется в соответствии с инструкцией И 8.2-04/01 «Идентификация статуса соответствующей и несоответствующей продукции» [24].

1.4.2. Причины возникновения несоответствий

Причины возникновения несоответствующей продукции могут быть отнесены к следующим категориям:

- «**Материал**», т.е. причина возникновения несоответствующей продукции связана с процессом производства исходных материалов и полуфабрикатов полученных от поставщиков;

- «**Метод**», т.е. причина возникновения несоответствующей продукции связана с отступлениями от требований НД и КД.

– «**Оборудование/инструмент**», т.е. причина возникновения несоответствующей продукции связана с отступлениями от требований по эксплуатации оборудования/инструмента, в том числе непригодных средств измерения и контроля, либо с невозможностью применяемого оборудования/инструмента обеспечить необходимую точность.

– «**Персонал**», т.е. причина возникновения несоответствующей продукции связана с ненадлежащим выполнением персонала своих обязанностей (недостаточная квалификация персонала, несвоевременная аттестация персонала).

– «**Внешние условия**», т.е. причина возникновения несоответствующей продукции связана с поставкой некачественного сырья, материалов или полуфабрикатов;

– «**Контроль**», т.е. причина возникновения несоответствующей продукции связана с недостоверностью, недостаточностью или необъективностью контроля.

В случае расхождения мнений о несоответствующей продукции между производственным мастером и виновным лицом, заключение дает начальник производства [24].

1.4.3. Регистрация и порядок оформления несоответствий продукции

Регистрация несоответствий с указанием содержания несоответствия производится контролером ОТК.

Акт управления несоответствующей продукцией выписывается в одном экземпляре и регистрируется в журнале регистрации актов управления несоответствующей продукцией.

Если на продукцию обнаружено несколько несоответствий, то на продукцию выписывается один АУНП, с указанием всех несоответствий.

Порядок оформления АУНП в процессе производства.

При выявлении несоответствующей продукции в процессе производства контролером ОТК на производстве выписывается АУНП (приложение А)

В сопроводительной документации (накладной, маршрутно-технологической карте и т.д.) контролером ОТК делается отметка с указанием номера акта и количества несоответствующих изделий.

Контролер ОТК совместно с производственным мастером вызывает по принадлежности, в зависимости от характера несоответствия, представителя технологического или конструкторского подразделений, подразделения держателя договора (контракта), начальника участка от которого поступила несоответствующая продукция с представителем ОТК, или других подразделений для принятия оперативного решения.

Зарегистрированный АУНП под роспись передается в подразделение, виновного лица.

Специалисты, руководители участков должны оперативно явиться по вызову в срок не позднее одного часа.

Ответственность за оперативную явку по вызову несут непосредственные руководители приглашенных специалистов.

Главный технолог, начальник отдела ДКРиИ принимают решение по несоответствующей продукции не позднее 1 рабочего дня после получения АУНП.

После оформления заключений специалистов, подразделение, ответственное за выполнение коррекции в течение 1 рабочего дня приступает к выполнению коррекции.

Продукция, зарегистрированная АУНП должна быть дополнительно проидентифицирована. Способ маркировки несоответствующей продукции описан в И 8.2/04-01 «Идентификация статуса соответствующей и несоответствующей продукции» [25].

Нанесение маркировки несоответствующей продукции производит контролер ОТК.

МС ООО «Уральские локомотивы» также имеет документированные процедуры по осуществлению корректирующих действий.

Данные действия должны основываться на любых жалобах потребителей, ошибках в обслуживании, записях по качеству. Необходимо обнаружить причины несоответствий и скорректировать процедуры с целью предупреждения любого несоответствия калибровочных работ установленным требованиям.

Для этого МС необходимо:

- систематически проводить анализ несоответствующих результатов калибровочных работ;
- определять меры по совершенствованию калибровочных работ;
- проводить контроль эффективности корректирующих действий;
- вносить изменения в инструкции с целью исключения несоответствий результатов калибровочных работ установленным требованиям.

Для принятия корректирующих действий применяют следующие процедуры:

- эффективное рассмотрение жалоб потребителей (клиентов) и их сообщений о несоответствии услуг;
- изучение при помощи наблюдений персонала причин несоответствий, относящихся к процессу и системе менеджмента качества, с регистрацией результатов изучения;
- анализ и определение со стороны руководства корректирующих действий, необходимых для устранения причин несоответствий;
- применение средств управления, гарантирующих, что корректирующие действия будут предприняты под соответствующим контролем;
- выявление несоответствующей установленным требованиям работы при проведении внутреннего аудита калибровочной деятельности МС;
- выявление несоответствующей установленным требованиям работы при внешних проверках (внешнем аудите).

На данный момент на предприятии ООО «Уральские локомотивы» действует СМК в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества. Требования».

1.4.4. Корректирующие действия

Целью осуществления корректирующих действий является выявление причин несоответствий в продукции, процессах и СМК, устранение причин и предотвращение повторного отклонения качества продукции, процессов и СМК от установленных требований.

После анализа причин выявленных несоответствий, приводится выбор и принятие корректирующих действий (мероприятий) для устранения проблемы, её повторения и предупреждения. Устанавливаются сроки корректирующих действий и ответственный исполнитель.

Меры корректирующего воздействия в калибровочной деятельности включают:

- устранение недостатков у средств измерений и средств допускового контроля (внеочередная проверка, техническое обслуживание, ремонт и т.д);
- устранение недостатков организационного характера (повторная калибровка СИ, приведение в соответствие документации, устранение недостатков системы качества калибровочных работ и т.д.).

Корректирующие действия должны гарантировать, что обнаруженные нарушения будут устранены и деятельность, приводящая к несоответствиям, будет остановлена.

Корректирующие действия при обнаружении несоответствия при эксплуатации СИ:

- в случае обнаружения несоответствия при эксплуатации СИ (выход из строя, повреждение пломб или защитных наклеек, падение, сомнение в точности показаний), прибор из эксплуатации изымается;
- комиссией в составе главного метролога, управляющего по качеству и ответственного за СИ, оформляется акт о выявленных несоответствиях в организации и проведении калибровочных работ (приложение В);
- в акте указываются дата, характеристика выявленных дефектов, причины их возникновения (если известны), последствия от применения несоответствующего СИ, оформляется комиссионное решение об отправке прибора в

ремонт, на внеочередную поверку, о возможности дальнейшего использования оборудования с ограниченным набором функций, о проведении поверки калиброванных СИ данным СК (при необходимости).

1.4.5. Предупреждающие действия

Предупреждающие действия проводятся для снижения вероятности повторения нарушений и использования возможности внесения улучшений, а так же с целью устранения потенциальных причин нарушений.

Предупреждающие действия, предпринимаемые непосредственно перед началом проведения калибровочных работ:

- краткий инструктаж, проверка знаний и допуск к работе работников, занятых калибровкой СИ;
- проведение проверки соответствия условий калибровки требованиям, установленным в нормативные документы;
- при необходимости, проведение контроля метрологических характеристик СК.

Предупреждающие действия, предпринимаемые периодически в соответствии с планом проведения предупреждающих действий:

- проверка знаний и аттестация работников, занятых калибровкой СИ;
- представление СИ на поверку;
- проведение технического обслуживания (ТО) и ремонт СИ в соответствии с ежегодным графиком ТО;
- проведение контроля качества выполнения калибровочных работ.

План проведения предупреждающих действий на год составляет главный метролог отдела и утверждает директор по качеству.

Для исключения главной причины появления несоответствующей продукции разрабатываются корректирующие и предупреждающие действия (при необходимости), которые должны быть задокументированы и выполнены в установленные сроки.

1.5. Постановка задачи

Как правило, для нагрева подшипников перед монтажом используются масляные ванны. Однако применение данного метода может привести к загрязнению и преждевременному выходу подшипников из строя. В связи с этим на предприятии ООО «Уральские локомотивы» широкое применение получил метод индукционного нагрева подшипников, поскольку он обеспечивает наиболее высокую степень управляемости процессом, являясь при этом эффективным и безопасным. Для индуктивного нагрева используют индуктивные нагреватели с температурным датчиком SKF. Данный датчик контролирует температуру нагрева, что позволяет избежать повреждений подшипников в процессе нагрева. Для того чтобы обеспечить точность температуры нагрева необходимо проводить калибровку данного температурного датчика. В связи с этим возникла потребность в разработке методики калибровки.

2. ОБЗОР И АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩИХ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Основные положения в области измерений и калибровки средств измерений определены в ФЗ №102 «Об обеспечении единства измерений».

Основополагающим документом при разработке МК, устанавливающий общие требования к содержанию, построению и изложению методик калибровки является ГОСТ Р 8.879-2014 «ГСИ Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению». Данный стандарт устанавливает требования к содержанию, изложению и построению методик калибровки СИ в соответствии с положениями ГОСТ ИСО/МЭК 17025 - 2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Данный стандарт предназначен для разработки методик калибровки. За основу методики калибровки температурного датчика используется ГОСТ 8.338-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Преобразователи термоэлектрические. Методика поверки». В этом документе прописаны условия проведения поверки, эталонное и вспомогательное оборудование, которое можно использовать при проведении калибровки.

При оценивании неопределенности результатов измерений, составляющих погрешностей, руководствуются нормативными документами: ГОСТ Р 50.2.038-2004 «ГСИ Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений».

При обработке результатов измерений используется ГОСТ Р 8.736-2011 «ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения». Данный стандарт распространяется на прямые многократные измерения и устанавливает положения методов обработки результатов измерений и вычисление погрешности оценки измеряемой величины.

При выборе эталона руководствуются ГОСТ 8.558-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная

схема для средств измерений температур». Стандарт устанавливает порядок передачи размера единицы температуры - кельвина (К) [градуса Цельсия (°C)] от первичного эталона единицы температуры при помощи вторичных эталонов и образцовых средств измерений рабочим средствам измерений с указанием погрешностей и основных методов поверки.

Так же используются нормативные документы в области безопасности труда и охране труда:

1. ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
2. ГОСТ 12.3.019-80 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности»;
3. Приказа Минтруда России от 24.07.2013 № 328н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

3. ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ

Требования к методикам калибровки изложены в ГОСТ Р 8.879-2014 «ГСИ. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению».

Данный стандарт устанавливает основные требования к построению, содержанию и изложению методик калибровки средств измерений в соответствии с положениями ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» [4].

Классификация методик калибровки

По назначению методики калибровки подразделяются на:

- методики калибровки, предназначенные для калибровки средств измерений, относящихся к одной или нескольким группам средств измерений;
- методики калибровки, предназначенные для калибровки средств измерений одного или нескольких типов средств измерений;
- методики калибровки, предназначенные для калибровки единичных экземпляров средств измерений [4].

Документ, регламентирующий методику калибровки

Документ, регламентирующий методику калибровки, может быть представлен в виде:

- международного, регионального, межгосударственного или национального стандарта;
- специального раздела технических условий на средства измерений или соответствующего стандарта;
- специального раздела эксплуатационной документации средств измерений;
- документа, оформленного в качестве рекомендаций, утвержденных государственным научным метрологическим институтом;

- документа, утверждаемого руководителем предприятия - разработчика методики калибровки;

- документа, утверждаемого руководителем предприятия, применяющего методику калибровки [4].

Разработчики методики калибровки

Разработчиками методики калибровки могут быть:

- государственные научные метрологические институты;
- метрологические центры или научно-исследовательские институты, специализирующиеся на разработке новых методов и средств измерений в конкретных областях применения;
- изготовители (разработчики) средств измерений;
- пользователи средств измерений (заказчики калибровочной лаборатории);
- калибровочные лаборатории.

В соответствии с требованиями ГОСТ ИСО/МЭК 17025 при калибровке следует использовать методики калибровки, которые отвечают потребностям клиентов [4].

4. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МЕТОДИКИ КАЛИБРОВКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДАТЧИКА SKF

4.1. Индукционный нагреватель с температурным датчиком SKF

Индукционный нагреватель SKF разработан для нагрева подшипников, предназначенных для посадки с натягом на вал. Конструкция нагревателя представлена на рисунке 1.

Индукционная катушка (1), расположенная вне корпуса нагревателя, позволяет сократить время нагрева и потребление энергии. Складные опоры (2) позволяют нагревать подшипники большого диаметра и снизить риск перекоса подшипника в процессе нагрева. Магнитный датчик температуры (3) в сочетании с предустановленным режимом нагрева при температуре помогает предотвратить перегрев подшипника. Уникальное дистанционное управление SKF (4), дисплей и панель управления обеспечивают удобную и безопасную эксплуатацию нагревателя. Хранение сердечников (5) в корпусе нагревателя снижает риск их повреждения или потери. Встроенные ручки (6) для удобства переноски нагревателя в пределах цеха. Складной или поворотный рычаг (7) упрощает смену подшипника и уменьшает утомляемость оператора [11].

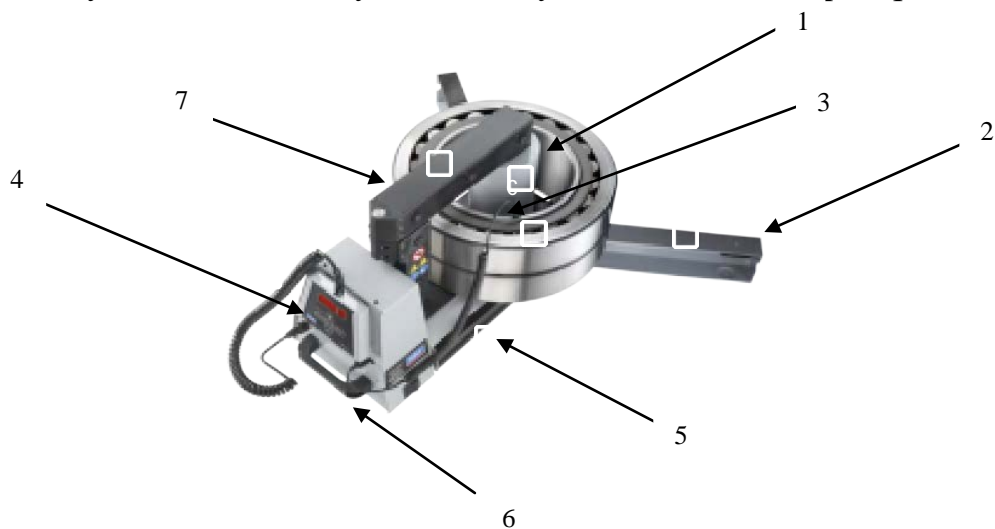


Рисунок 1- Конструкция индукционного нагревателя

4.2. Принцип действия индукционного нагрева

Индукционный нагрев основан на следующем физическом принципе: подлежащие нагреву металлические заготовки помещаются внутрь переменного электромагнитного поля. Если в это переменное магнитное поле попадает заготовка из электропроводящего материала, то в нём возникает вихревой ток. В результате поверхность заготовки нагревается. Практически индукционная нагревательная установка работает по принципу трансформатора, в котором индуктор представляет собой первичную обмотку, а изделие (заготовка) вторичную рисунок 2 [11].

При нагреве подшипника при помощи индукционного нагревателя внутреннее кольцо нагревается интенсивнее, чем наружное. Затем тепло распространяется по всему подшипнику. Медленный нагрев должен обеспечить более равномерное тепловое расширение деталей подшипника. Поэтому важно, чтобы подшипники с малым внутренним зазором или с преднатягом нагревались медленно для обеспечения минимальной разницы температуры разогрева колец. Форма, вес, внутренний зазор - все эти характеристики также влияют на время, необходимое для нагрева подшипника [11].

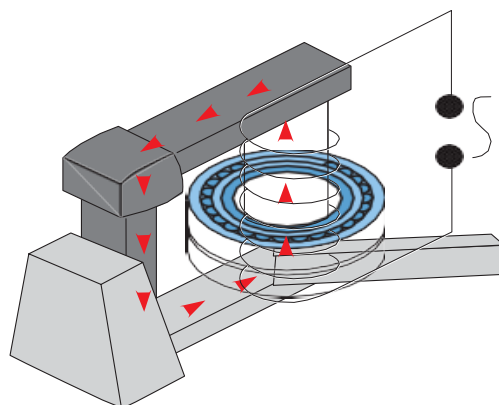


Рисунок 2 - Принцип действия индукционного нагревателя

Индукционный нагреватель содержит U-образный металлический сердечник с индукционной катушкой вокруг вертикальной опоры. Электроника

блока дистанционного управления и встроенная электроника нагревателя контролируют работу прибора. Съемная часть магнитопровода на вертикальной опоре дает возможность размещать нагреваемую деталь на нагревателе. Большой сердечник нагревателя способен поворачиваться для установки подшипника. Для работы с малыми деталями также поставляются два малых сердечника. Нагреватель оснащен датчиком температуры с магнитным креплением для контроля температуры нагреваемой детали. Конструкция датчика обеспечивает минимальную тепловую инерцию и максимальную точность измерений температуры (рисунок 3).



Рисунок 3- Температурный датчик

Температурный датчик представляет собой термопару К-типа TMDT 2-31. Данный тип термопар применяются для твердых магнитных поверхностей. Конструкция обеспечивает минимальную тепловую инерцию и максимальную точность измерений [16].

Термопара – это два проводника из разнородных материалов, соединенных на одном конце и образующих часть устройства, использующего термоэлектрический эффект для измерения температур.

Термоэлектрический эффект - генерирование термоэлектродвижущей силы, возникающей из-за разности температур между двумя соединениями различных металлов или сплавов, образующих часть одной и той же цепи [15].

Метрологические характеристики температурного датчика

Метрологические характеристики – это характеристики, которые влияют на результат измерения и на его погрешность [4]. Метрологические характеристики датчика представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические характеристики температурного датчика

Наименование	Характеристика
Тип термопары	хромель-алюмелевая (ТХА)
Класс точности	1
Предел измерения	240 °С (460) °F
Предел допускаемых отклонений $\pm \Delta t$, °С	От $\pm 1,5$ °С (2,7 °F) до 375 °С (707 °F)
Коэффициент преобразования мВ/°С * 10 ³	16,1...39,0

4.3. Выбор эталонного оборудования

Эталон – техническое средство, предназначенное для воспроизведения, хранения и передачи единицы величины [3].

Выбор эталонных средств осуществляет метрологическая служба предприятия, исходя из технико-экономических расчетов и технических возможностей с учётом критериев достоверности калибровки. При выборе эталонных средств для определения погрешности прибора должно быть соблюдено следующее условие:

$$\Delta \varepsilon / \Delta \pi \leq 1/3, \quad (1)$$

где $\Delta \varepsilon$ – предел допускаемой абсолютной погрешности эталонного прибора на проверяемых отметках шкалы;

$\Delta \pi$ – предел допускаемой абсолютной погрешности калибруемого прибора на проверяемых отметках шкалы.

Значения $\Delta \varepsilon$ и $\Delta \pi$ должны быть выражены в одних и тех же единицах температуры.

Для проведения калибровки используем калибратор-измеритель стандартных сигналов «КИСС-03», термометр стеклянный лабораторный ТЛ – 4 и термостат.

Погрешность эталона включает в себя погрешность калибратора, стеклянного термометра и термостата.

$$\Delta_{\varepsilon} = (0,3*0,3+0,3*0,3+0,5*0,5)^{0,5} = 0,65 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta_{\Pi} = (1,5*1,5+3*3)^{0,5} = 3,35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta_{\varepsilon}/\Delta_{\Pi} = 0,65 / 3,35 = 0,19$$

$$0,19 \leq 0,33$$

Это соотношение является верным для этой работы, следовательно эталоны выбраны правильно.

4.3.1. Назначение калибратора-измерителя стандартных сигналов КИСС-03

Калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03 (в дальнейшем – прибор) предназначен для проверки, настройки и поверки показывающих и регистрирующих приборов, различных измерительных комплексов, а также может применяться при выполнении пуско-наладочных работ в различных отраслях промышленности.

Основными являются следующие функции:

- Измерение значений постоянного тока или напряжения.
- Измерение сопротивления.
- Измерение температуры с помощью термопреобразователей сопротивлений (ТС) с номинальной статической характеристикой преобразования 50М, 100М, 50П, 100П (в дальнейшем – ТСМ50, ТСМ100, ТСП50, ТСП100 соответственно), Pt100, подключенных по 4-проводной линии связи.
- Измерение температуры с помощью термопар (ТП) типов S, K, L, B, A-1, N (ГОСТ Р 8.585-2001) с компенсацией температуры «холодных» спаев.
- Генерация постоянного тока или напряжения с возможностью плавной регулировки и задания от одного до шести значений генерируемого параметра. Вывод значений осуществляется циклически, с помощью нажатия одной клавиши. Имеется возможность изменять направление вывода значений.
- Генерация э.д.с. ТП типов S, K, L, B, A-1, N с возможностью компенсации э.д.с. «холодных» спаев и плавной регулировки.

- Генерация и измерение постоянного тока и/ или напряжения одновременно, с возможностью установки одного значения генерируемого параметра.
- Сервисный режим «Таблица значений ТС», который обеспечивает возможность просмотра на индикаторе значений ТСП и ТСМ по ГОСТ 6651-94 в Омах, при задании температуры в градусах Цельсия.
- Измерение температуры с помощью внутреннего Pt100 ($W_{100}=1,3850$) в диапазоне температуры от 5 до 45 °С.
- Режим работы «Калибровка КИСС-03» [12].

Конструкция и метрологические характеристики

Внешний вид прибора приведен на рисунке 4.

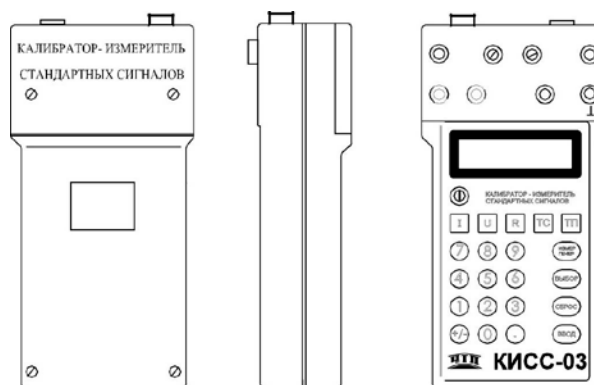


Рисунок 4 – Конструкция калибратора-измерителя стандартных сигналов КИСС-03

Прибор выполнен в пластмассовом корпусе. Внутри корпуса расположена печатная плата с радиоэлементами.

Степень защиты прибора от проникновения влаги и пыли IP50 по ГОСТ 14254-96. В верхней части корпуса расположен отсек для аккумуляторной батареи.

На корпусе сверху для подключения внешних устройств расположены гнезда:

- Iг/Rx (для генерации тока и измерения сопротивления);
- Uг (для генерации напряжения);
- ⊥ (парное для гнезд Iг/Rx и Uг);

- U_x (для измерения входного напряжения);
- I_x (для измерения входного тока);
- * (парное для гнезд U_x и I_x);
- ТП (для подключения ТП).

Ниже расположен двухрядный 16-знаковый ЖКИ и клавиатура, соединенные с печатной платой с помощью жгутов.

Сбоку прибора со стороны гнезд расположены разъемы:

- 9 В (для подключения к прибору БП);
- ТС (для подключения ТС) [12].

Метрологические характеристики

Прибор работает в трех основных режимах: измерение; генерация; измерение и генерация одновременно.

Характеристики основных функций прибора приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические характеристики

Функция прибора	Диапазон	Разрешающая способность	Примечание
Измерение напряжения	$\pm 0,5$ В; $\pm 2,5$ В; $\pm 12,5$ В.	1 мкВ 10 мкВ 100 мкВ	
Измерение тока	$\pm 22,000$ мА	1 мкА	
Измерение сопротивления	от 0 до 200,00 Ом; от 0 до 2000,0 Ом	0,01 Ом 0,1 Ом	
Генерация напряжений	от 0 до 0,1 В от 0 до 1,0 В от 0 до 11,00 В	1 мкВ 10 мкВ 100 мкВ	При токе нагрузки не более 2,5 мА
Генерация тока	от 0 до 22,0 мА	1 мкА	Сопротивление нагрузки от 50 до 500 Ом
Генерация э.д.с ТП	от 0 до 100,00 мВ	1 мкВ	

Измерение температуры входящим в комплект датчиком Pt100 ($W_{100}=1,3850$) в диапазоне температур от минус 10,0 до плюс 100,0 °С.

Измерение температуры внешними датчиками TCM50, TCM100 ($W_{100}=1,4280$) и ТСП50, ТСП100 ($W_{100}=1,3910$), Pt100 ($W_{100}=1,3850$) в диапазоне температур:

- для TCMот минус 100,0 до плюс 200,0 °С;
- для ТСП, Pt100от минус 185,0 до плюс 850,0 °С.

Пределы допускаемой основной погрешности приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Пределы допускаемой основной погрешности

Функции прибора	Пределы допускаемой основной погрешности	Примечание	
Генерация напряжения	$\pm 0,05 + 0,0075 \frac{U}{U_k} - 1, \%$	Погрешность относительная U _к , I _к , R _к – контрольные значения; U, I, R – предельные значения диапазона измерения	
Генерация и измерение тока	$\frac{I}{I_k}$		
Измерение сопротивления	$\pm 0,08 + 0,05 \frac{R}{R_k} - 1, \%$		
Измерение напряжения	$\pm 0,05 + 0,0025 \frac{U}{U_k} - 1, \%$		
Измерение температуры прилагаемым датчиком Pt100	$\pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$		
Измерение температуры	$\pm 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$	Без учета погрешности датчика	
Измерение температуры внешним датчиком ТСП (W ₁₀₀ =1,3910, W ₁₀₀ =1,3850): от –185,0 до +250,0 °C от +250,0 до +850,0 °C	$\pm 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ $\pm 0,7 \text{ } ^\circ\text{C}$		
Измерение температуры с помощью ТП	Согласно руководству по эксплуатации		
Генерация э.д.с. ТП			

Дополнительная погрешность прибора по параметрам U_x, I_x, R_x от изменения температуры на каждые 10 °С не превышает 1/2 соответствующего предела основной относительной погрешности [12].

4.3.2. Назначение термометра стеклянного лабораторного ТЛ – 4

Стеклянные термометры ТЛ предназначены для измерения температуры в лабораториях, в промышленности и сельском хозяйстве.

Термометр лабораторный ТЛ-4 предназначены для точного измерения температуры в лабораторных условиях, а также для поверки в термостатах других термометров с ценой деления шкалы не менее $0,1^{\circ}\text{C}$. Стеклянный термометр с вложенной шкальной пластиной. В верхней части термометра для его удержания имеется шарик диаметром 6 мм. Термометр полного погружения. При измерении температуры термометр погружают в измеряемую среду до отсчитываемой температурной отметки на шкале. Для предотвращения разрушений при перегреве в верхней части термометра имеется запасной резервуар на 20°C [30].

Термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ-4 (далее - термометр) предназначен для измерения температуры от минус 30°C до 360°C . Принцип действия термометра основан на тепловом изменении объема термометрической жидкости, в зависимости от температуры измеряемой среды.

Термометр состоит из капиллярной трубки с резервуаром, заполненным термометрической жидкостью. Капиллярная трубка защищена стеклянной оболочкой, внутрь которой вложена шкала, служащая для отсчёта измеряемой температуры [29].

Устройство термометра стеклянного лабораторного ТЛ – 4 представлено на рисунке 5.



Рисунок 5 – Устройство стеклянного термометра сопротивления

Метрологические характеристики

Метрологические характеристики термометра стеклянного приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Метрологические характеристики

Наименование	Характеристики
Тип термометра лабораторного	ТЛ-4
Модель	№ 3
Класс точности	2
Цена деления, °C	0,1
Диапазон измерений, °C	от 50 до 105
Предел допускаемой основной погрешности, °C	$\pm 0,3$

4.3.3. Назначение термостата «ТЕРМОТЕСТ-100»

Для создания оптимальных условий проведения калибровки необходимо использовать термостат «ТЕРМОТЕСТ-100».

Термостаты «ТЕРМОТЕСТ-100» предназначены для поверки и калибровки стеклянных и манометрических термометров, а также преобразователей температуры.

Термостаты могут быть использованы в промышленных и метрологических лабораториях [31].

Работа термостата заключается в поддержании заданной температуры циркулирующего теплоносителя и обеспечении равномерного температурного поля в рабочей ванне. Циркуляция теплоносителя обеспечивается центробежным насосом, расположенным в блоке регулирования температуры.

Конструкция и метрологические характеристики

Конструкция термостата состоит из блока регулирования температуры 1 и корпуса 2 внутри которого расположены: основная 2, рабочая 9 и дополнительная 8 ванны (рисунок 6). В корпусе термостата также размещена холодильная машина. В основной ванне 2 расположены блок регулирования 1 с входной 4 и выходной 5 трубками и соединительные муфты 6. В дополнительной ванне 8 расположен теплообменник 4, по которому прокачивается хлада-

гент при работе холодильной машины. Поддержание заданной температуры теплоносителя посредством нагрева осуществляется блоком регулирования температуры 1. Охлаждение теплоносителя осуществляется с помощью холодильной машины посредством теплообменника 10, установленного в дополнительной ванне 8.

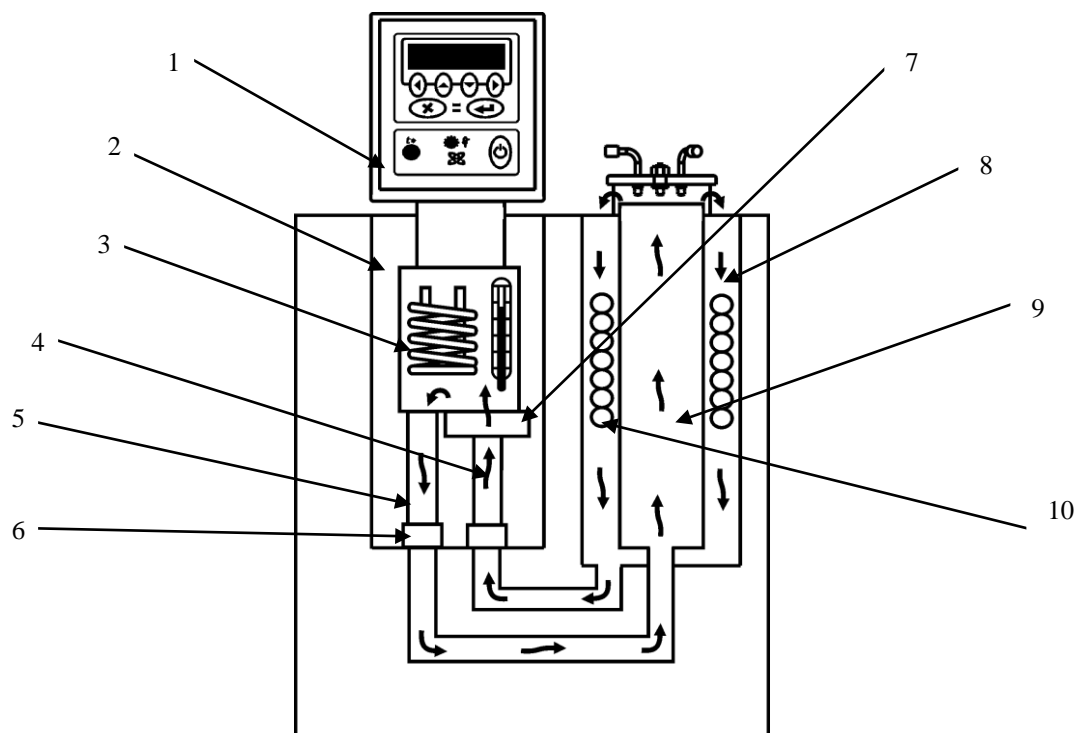


Рисунок 6 – Устройство термостата

4.4. Методика калибровки температурного датчика SKF

Калибровка средств измерений - совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений [4].

Методика калибровки средств измерений - документ, регламентирующий процедуру калибровки средств измерений [4].

Методика калибровки, оформленная самостоятельным документом (Приложение Б).

Методика калибровки должна содержать:

а) титульный лист со соответствующей информацией: наименование, номер, сведения о разработчике;

- б) указания об области назначения методики калибровки ;
- в) сведения о метрологических характеристиках средств измерений, действительные значения которых подлежат определению в процессе калибровки;
- г) перечень средств калибровки и вспомогательного оборудования, необходимых для проведения калибровки, с указанием требований к их техническим и метрологическим характеристикам, включая требования к обеспечению прослеживаемости измерений;
- д) сведения об условиях окружающей среды и необходимом периоде стабилизации для оборудования;
- е) описание процедуры калибровки, включая:
 - подготовку к процедуре калибровки,
 - проверки, необходимые перед началом работы,
 - проверки нормального функционирования и, при необходимости, процедуру регулировки оборудования перед каждым его использованием,
 - процедуру калибровки,
 - обработку результатов измерений,
 - описание оформления результатов калибровки,
 - меры безопасности, которые должны соблюдаться при проведении калибровки,
 - указание о неопределенности (в том числе целевой) или процедуру оценки неопределенности измерений при калибровке.

Документ на методику калибровки содержит вводную часть, в которой установлена область применения методики калибровки, краткая характеристика индукционного нагревателя, а также межкалибровочный интервал.

Раздел «Технические требования» содержит подразделы, в которых указаны метрологические характеристики калибруемого, эталонного и вспомогательного средства измерения. Также указаны требования, обеспечивающие прослеживаемость измерений, выполняемых откалиброванными сред-

ствами измерений, от государственных первичных эталонов к рабочему эталону.

Подраздел «Требования к условиям проведения калибровки» содержит перечень величин, влияющих на метрологические характеристики калибруемых средств измерений или средств калибровки, с указанием их нормируемых номинальных значений и допускаемых отклонений, в пределах которых характеристики, приписываемые данной методике калибровки, остаются неизменными.

Раздел «Требования к квалификации калибровщиков» содержит требования к уровню квалификации лиц, выполняющих калибровочные работы, а именно: к проведению калибровки допускаю лиц, изучивших эксплуатационную документацию на индукционные нагреватели, имеющие необходимую квалификацию, аттестованные в качестве калибровщика.

Раздел «Требования по обеспечению безопасности» содержит требования, обеспечивающие при проведении калибровки безопасность труда калибровщиков, соблюдение норм производственной санитарии, охрану окружающей среды.

Раздел «Подготовка к процедуре калибровки» содержит перечень выполнения работ, которые необходимо провести перед процедурой калибровки. Он включает в себя проверку комплектности и внешнего вида средства измерений, подлежащего калибровке, работоспособности и взаимодействия его отдельных частей и элементов (в том числе прочности и электрического сопротивления изоляции, и т.п.), наличие действующих свидетельств о поверке на эталонные средства измерений.

Раздел «Процедура калибровки» содержит перечень наименований и описание операций по определению действительных значений метрологических характеристик калибруемого средства измерений.

Описание каждой операции выделено в отдельный пункт, в котором указано наименование определяемой метрологической характеристики калибруемого средства измерений, используемый метод калибровки, схемы

подключения, указания о порядке проведения операций, формулы, рекомендации по числу значащих цифр, фиксируемых в протоколе, и т.д.

При проведении операции калибровки необходимо вести протокол записи результатов измерений по определенной форме.

В подразделе «Требования к неопределенностям измерений, определяемых в процессе калибровки» указывается значения неопределенности измерений при калибровке

Раздел «Обработка результатов измерений» включает в себя формулы, необходимые для расчета погрешности.

Раздел «Оформление результатов калибровки» содержит требования к оформлению результатов калибровки.

В этом разделе необходимо указывается способ оформления результатов калибровки:

- сертификат калибровки;
- место и способ нанесения оттиска калибровочного клейма;
- внесение записи в паспорт или другой эксплуатационный документ средства измерений.

В соответствии с ГОСТ ИСО/МЭК 17025 и рекомендацией сертификат калибровки содержит следующую информацию:

- наименование документа «Сертификат калибровки»;
- наименование и юридический адрес калибровочной лаборатории, а также место проведения калибровки, если оно не совпадает с юридическим адресом лаборатории;
- номер сертификата калибровки, при этом, если сертификат калибровки помещается на нескольких страницах или содержит приложения (протоколы калибровки, градуировочные таблицы и т.д.), каждая страница сертификата калибровки или приложения должна быть соответствующим образом идентифицирована как имеющая отношение к конкретному сертификату калибровки. Каждая страница сертификата калибровки должна быть пронумерована.

Сертификат должен содержать следующие сведения:

- наименование подразделения предприятия в случае выполнения работ для собственных нужд предприятия;
- идентификацию используемой методики калибровки;
- наименование (тип), заводской номер;
- дату проведения калибровки;
- результаты калибровки с указанием единиц измерения величин;
- условия проведения калибровки;
- оценка неопределенности измерений и указание о соответствии полученной неопределенности значению целевой неопределенности;
- доказательства прослеживаемости измерений к государственному первичному эталону соответствующей единицы величины или национальному первичному эталону иностранного государства;
- должность, подпись и расшифровку подписи лица, проводившего калибровку.

При оценке неопределенности измерений, осуществляемой при калибровке средства измерений, все составляющие неопределенности, являющиеся существенными в данной ситуации, должны быть приняты во внимание при помощи соответствующих методов анализа. Неопределенность рассчитывают по типу А проводя многократные измерения, неопределенность по типу В рассчитывается исходя из погрешности эталонного оборудования.

Источниками неопределенности могут быть эталоны, используемые при калибровке, методы калибровки, окружающая среда и состояние калибруемого средства измерений, а также индивидуальные особенности операторов, выполняющих калибровочные работы.

При оценке неопределенности следует учитывать:

- назначение калибруемых средств измерений и критичность в оценке достоверности определяемых метрологических характеристик;
- требования заказчика;

– требования, заложенные в методику калибровки разработчиками методики.

В качестве приложений к методике калибровки оформлены:

– методика расчета неопределенности оценки параметров, исследуемых при калибровке;

– форма протокола записи результатов измерений при калибровке (протокола калибровки) [4].

5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1. Анализ служб (отделов) предприятия, где работники проходят повышение квалификации

Порядок организации повышения квалификации изложен в «Положении о повышении (подтверждении) квалификационных разрядов рабочим» [18].

Данное Положение устанавливает совокупность требований к организации и порядку повышения (подтверждения) квалификационных разрядов рабочим ООО «Уральские локомотивы» (далее Департамент по управлению персоналом несет ответственность за:

- организацию работы квалификационной комиссии;
- формирование плана-графика повышения разрядов рабочим;
- своевременный перевод на соответствующий квалификационный разряд по результатам квалификационных испытаний.

Руководитель структурного подразделения несет ответственность за:

- явку рабочего и непосредственного руководителя на квалификационные испытания;
- обеспечение нормативной, технической и другой литературой для подготовки к квалификационным испытаниям рабочего;
- качественное заполнения бланка квалификационной пробной работы и своевременное предоставление бланка квалификационной пробной работы в департамент по управлению персоналом.

Рабочий, направляемый на квалификационные испытания несет ответственность за:

- правильное оформление и предоставление заявления о повышении разряда в департамент по управлению персоналом;
- качественную подготовку к квалификационным испытаниям.

Квалификационные разряды присваиваются постоянно действующей квалификационной комиссией (далее квалификационной комиссией), назнача-

емой приказом генерального директора Общества.

Приказ генерального директора «Об утверждении постоянно действующей квалификационной комиссии» готовит департамент по управлению персоналом, утверждается в начале года на текущий год и при необходимости может быть актуализирован.

5.2. Работа квалификационной комиссии

Цель работы квалификационной комиссии - определение соответствия знаний и навыков рабочих квалификационным разрядам, согласно действующему технологическому процессу.

Присвоение квалификационных разрядов производится по результатам квалификационных испытаний, состоящих из пробной работы и теоретического экзамена.

Рабочему, прошедшему квалификационные испытания, в зависимости от результатов, комиссия вправе:

- присвоить на один разряд выше, чем имеет рабочий на день сдачи квалификационного экзамена;
- подтвердить квалификационный разряд рабочего, присвоенный ему в ООО «Уральские локомотивы», в других учебных заведениях;
- понизить существующий уровень квалификации на один разряд по профессии в соответствии с фактическими знаниями и навыками рабочего, а также за грубые нарушения технологической дисциплины и за другие серьезные нарушения, повлекшие ухудшение качества изготавливаемой им продукции или выполняемых работ.

При необходимости, по согласованию с руководителем подразделения, к работе в заседании комиссии могут быть привлечены высококвалифицированные специалисты Общества [18].

5.3. Порядок подготовки и проведения квалификационных испытаний

Рабочий направляет на имя начальника департамента по управлению персоналом по утвержденной форме заявление о повышении (подтверждении) разряда по профессии.

В течение 10 рабочих дней после поступления документов, указанных в п. настоящего Положения, начальник департамента по управлению персоналом принимает решение о возможности направления рабочего на квалификационную комиссию, для повышения (подтверждения) разряда по профессии. Решение выносится на основании следующих факторов:

- наличия свободной ставки соответствующего разряда в штатном расписании подразделения;
- стажа работы по профессии, в том числе на других предприятиях;
- даты присвоения имеющегося разряда;
- отсутствия фактов нарушения технологической дисциплины.

При получении положительного заключения начальника департамента по управлению персоналом о возможности направления на квалификационную комиссию рабочий включается в план - график повышения разрядов рабочим. Рабочий выполняет пробную квалификационную работу, соответствующую присваиваемому (подтверждаемому) разряду.

В случае отрицательного решения работник и его руководитель подразделения извещаются в письменном виде.

Непосредственный руководитель рабочего, направляемого на квалификационную комиссию, заполняет установленную форму заключения о квалификационной пробной работе. Заключение о результатах квалификационной пробной работы должно быть предоставлено в департамент по управлению персоналом не позднее, чем за неделю до проведения квалификационной комиссии.

При положительном заключении о квалификационной пробной работе рабочий допускается на квалификационную комиссию для сдачи теоретического экзамена. Непосредственный руководитель в день сдачи экзамена лично представляет рабочего членам комиссии, дает краткую производственную характеристику.

Теоретические знания рабочего проверяются путем проведения устного экзамена. Для подготовки к ответу на вопросы, указанные в билете, рабочему дается время не более 30 минут.

Результаты испытаний на квалификационной комиссии утверждаются протоколом.

Разряд, установленный решением квалификационной комиссией, в соответствии с протоколом квалификационной комиссии, присваивается работнику с 1 числа месяца, следующего за датой сдачи теоретического экзамена.

При неудовлетворительных результатах квалификационных испытаний (теоретических и практических) рабочий допускается к пересдаче не ранее, чем через 6 месяцев. При последующем неудовлетворительном результате квалификационных испытаний, повышение (подтверждение) квалификации работника проводится не ранее, чем через 12 месяцев.

В случае неявки на квалификационную комиссию без уважительной причины рабочий допускается до сдачи экзамена в общем порядке [18].

5.4. Анализ профессионального стандарта на специалиста по метрологии

По итогам анализа профессионального стандарта на специалиста по метрологии № 40.012 (ПС) были выделены следующие трудовые функции, которые необходимы при калибровке температурного датчика специалистом по метрологии. Все перечисленные трудовые функции в ПС разделяются на действия, умения и знания. Выберем те, которые нам необходимы:

Трудовая функция «Поверка (калибровка) средств измерений».

Квалификация работников, которые могут выполнять эту трудовую функцию это ведущий инженер, ведущий инженер по метрологии, ведущий специалист по метрологии, начальник лаборатории метрологии, начальник отдела метрологии.

Трудовые действия в этой трудовой функции:

1. Разработка методик калибровки средств измерений;
2. Выполнение действий, предусмотренных методикой калибровки средств измерений;
3. Проведение поверки и калибровки средств измерений в аккредитованных организациях.

Необходимые умения:

1. Использовать измерительное оборудование, необходимое для проведения измерений;
2. Применять методики и средства поверки (калибровки) средств измерений;
3. Рассчитывать погрешности (неопределенности) результатов измерений;
4. Оформлять результаты поверки (калибровки) средств измерений.

Необходимые знания:

1. Законодательство Российской Федерации, регламентирующее вопросы единства измерений и метрологического обеспечения
2. Нормативные и методические документы, регламентирующие
3. Вопросы поверки (калибровки) средств измерений;
4. Физические принципы работы, область применения и принципиальные ограничения методов и средств измерений;
5. Методы оценки результатов измерений [19].

На территории предприятия ООО «Уральские локомотивы» имеются несколько учебных классов, один из которых предназначен для повышения квалификации специалистов.

Учебный класс представляет собой специально оборудованное помещение, оснащенное техническими средствами обучения, стендами и плакатами.

В классе работают высококвалифицированные и опытные преподаватели, руководители практики, мастера производственного обучения, инструкторы производственной практики.

Обучение работников проводится по решению руководителя организации, как в рабочее время, так и без отрыва от основной производственной деятельности.

Целью повышения квалификации персонала является развитие профессионального мастерства работников предприятия.

Основные задачи обучения:

- повышение профессиональных навыков и знаний специалистов, связанных с новыми законодательными и другими обязательными требованиями и стандартами, изменениями в процессах, методах и оборудовании;
- работать на опережающий характер профессионального обучения, для обеспечения внедрения новой техники, технологии, стандартов;
- овладение умением и методами калибровки температурных датчиков в ходе выполнения практических работ.

В результате обучения специалист будет:

Знать:

- основные положения законодательных и нормативных документов по обеспечению единства измерений;
- метрологические требования к измерениям, единицам величин, эталонам, стандартным образцам, средствам измерений;
- требования к разработке, построению и содержанию документов, регламентирующих метрологическую деятельность в организации (на предприятии);
- классификацию методов измерений;
- классификацию средств измерений (СИ), а также их метрологические характеристики;

- показатели точности измерений (характеристики погрешности и неопределенности измерений);
- классификацию, формы представления и способы выражения характеристик погрешностей измерений;
- неопределенности результатов измерений и их виды;
- методологию разработки, аттестации и использования методик измерений.

Уметь:

- организовывать работу по метрологическому обеспечению и обеспечению единства измерений;
- ориентироваться в системе Государства и права, в частности, в законодательных метрологических требованиях и нормах документов ГСИ;
- реализовывать необходимые методологии и элементы метрологического обеспечения;
- анализировать и формировать исходные данные, необходимые для организации метрологических работ;
- оценивать показатели точности измерений;
- использовать современные способы обеспечения требуемой точности измерений;
- оформлять результаты завершенной метрологической деятельности;
- использовать методы сбора, хранения и обработки информации, в т.ч. компьютерные;
- проводить метрологическую экспертизу нормативной и технической и документации;
- проводить анализ (участвовать в проведении) состояния измерений в организации;

Владеть навыками:

- работы с поверочной техникой, эталонными средствами измерений;

– обработки экспериментальных данных и оценки критериев годности поверки средств измерений и действительных значений метрологических характеристик средств измерений при калибровке;

– оформления результатов поверки и калибровки, принятия соответствующих решений.

Так как нам необходимо рассмотреть форму обучения для повышения квалификации работников, у которых уже имеется базовый уровень знаний, выбор сделаем в пользу практической работы.

Из приведенного учебного плана (таблица 6) рассмотрим тему «Поверка и калибровка средств измерения температуры» [20].

Таблица 6 - Учебный план повышения квалификации метрологов.

Наименование разделов	Количество часов
1. Физические процессы, лежащие в основе действия контактных средств измерения температуры	4
2. Средства контактных измерений температуры	20
3. Физические процессы и законы, лежащие в основе действия бесконтактных средств измерения температуры	8
4. Приборы и устройства бесконтактного теплового контроля	22
5. Метрологическое обеспечение средств контактного измерения температуры	6
6. Метрологическое обеспечение средств бесконтактного измерения температуры	10
Итого	72

Содержание теоретического и практического (производственного) обучения с раскрытием тем, зафиксированных в примерном учебном плане, включая перечень лабораторно-практических работ, видов самостоятельных работ, выполняемых в период обучения приведены в таблице 7 [20].

Таблица 7 - Содержание теоретического и практического обучения

Наименование разделов, дисциплин и тем	Количество часов		
	всего	лекции	ПР
1.Физические процессы, лежащие в основе действия контактных средств измерения температуры	4	4	
1.1.Классификация средств контактного теплового контроля. Физические основы работы термоэлектрических измерительных преобразователей.	2	2	
1.2.Характеристики термометров сопротивления. Физические основы работы терморезисторных измерительных преобразователей.	2	2	
2.Средства контактных измерений температуры	20		
2.1.Термоэлектрические измерительный преобразователи. Термометры сопротивления. Терморезисторные измерительные преобразователи. Пове́рка и калибровка СИ.	10	6	4
2.2.Термопреобразователи на основе р-п переходов. Пьезоэлектрические средства измерения температуры	8	8	
2.3.Характеристики средств контактного измерения температуры. Анализ областей применения средств контактного теплового контроля.	2	2	
3.Физические процессы и законы, лежащие в основе действия бесконтактных средств измерения температуры	8	4	
3.1.Физические основы теплового излучения	4	4	
3.2.Оптические соотношения в расчетах лучистых потоков.	4	4	
4.Приборы и устройства бесконтактного теплового контроля	22	12	10
4.1. Классификация пирометров. Функциональные схемы пирометров различного типа.	10	10	
4.2. Пирометры частичного излучения. Яркостные пирометры. Пирометры полного излучения. Пирометры спектральных отношений	10	10	
4.3. Тепловизоры. Функциональные схемы тепловизоров. Особенности применения тепловизоров	2	2	
5. Метрологическое обеспечение средств контактного измерения температуры	6	6	
5.1. Основные определения. Изучение МИ и ГОСТов. Расчет неопределённостей измерений	2	2	
5.2. Организации метрологических лабораторий для поверки и калибровки средств измерения температуры и вторичных измерительных приборов.	2	2	
5.3. Автономный мониторинг температуры. Стационарные онлайн системы температурного мониторинга под зданиями и сооружениями.	2	2	
6. Метрологическое обеспечение средств бесконтактного измерения температуры	10	10	
6.1. Основные определения. Изучение МИ и ГОСТов для радиационной термометрии	6	6	
6.2. Излучатели типа моделей АЧТ. Поверочные средства в радиационной термометрии.	4	4	

5.5. Практическое занятие повышения квалификации специалистов метрологической службы

Тема: Проведение калибровки температурного датчика SKF для определения работоспособности индукционного нагревателя.

Практическая работа рассчитана на 4 часа.

Аудитория: Ведущий инженер, ведущий инженер по метрологии, ведущий специалист по метрологии, начальник лаборатории метрологии, начальник отдела метрологии.

В ходе практической работы будут рассмотрены следующие вопросы:

1. Совершенствование качества продукции на основе калибровки СИ;
2. Анализ методических основ и их внедрение;
3. Условия проведения калибровки;
4. Эталонные СИ и вспомогательное оборудование;
5. Демонстрация проведения калибровки температурного датчика SKF, согласно разработанной методике калибровки.

Цель работы: Изучение и применение на практике методов проведения калибровки термопреобразователя с использованием эталонных средств измерений, проведение обработки результатов измерений согласно протоколу калибровки, расчет неопределенности.

Источники информации:

Методика калибровки температурного датчика SKF.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить руководства по эксплуатации на средства измерения, участвующих при проведении калибровки;
2. Изучить правила техники безопасности;
3. Провести калибровку согласно методике калибровки;
4. Результаты измерений занести в таблицу;
5. Провести обработку результатов измерений;
6. Провести расчет неопределенности.

Теоретическая часть

Термоэлектрический преобразователь – измерительный преобразователь температуры, основанный на термоэлектрическом эффекте. Термоэлектрический эффект заключается в генерировании термоэлектродвижущей силы (ТЭДС), возникающей из-за разности температур между двумя соединениями различных металлов или сплавов, образующих часть одной и той же сети. ЭДС термопары является функцией двух независимых температур – температур ее спаев $E = E(t_1, t_2)$ – и не зависит от температур других точек термопары.

Пара проводников из разнородных материалов, соединенных на одном конце и образующих часть устройства, использующего термоэлектрический эффект для измерения температуры, называется термопарой. На рисунке 7 показана конструкция типичного термоэлектрического преобразователя. ТЭП включает в себя спай термопары 1, электроизоляционную конструкцию (керамические бусы/трубки) 2, защитный чехол 3, головку 4 и клеммы 5 для подключения компенсационных проводов [21].

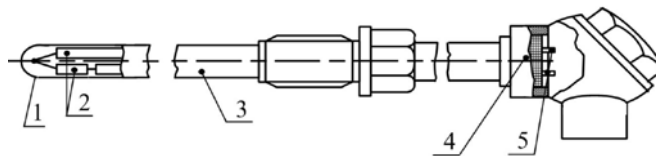


Рисунок 7 - Конструкция термоэлектрического преобразователя:

1 – спай термопары; 2 – электроизоляционная конструкция; 3 – защитный чехол; 4 – головка ТЭП; 5 – клеммы

Кабельная термопара состоит из гибкой металлической трубки и размещенных внутри нее одной или двух пар термоэлектродов. Термоэлектроды располагаются параллельно друг другу, а пространство между ними заполняется уплотненной минеральной изоляцией. Термоэлектроды с одной стороны спаяны и образуют рабочий спай ТЭП, свободные концы термоэлектродов подключаются к клеммам головки.

ТЭП применяются для измерения температуры в комплекте с нормирующими преобразователями, а также измерительными и регистрирующими приборами, предназначенными для работы с ТЭП.

Калибровкой термоэлектрического преобразователя называется совокупность операций, выполняемых для определения действительных метрологических характеристик. Калибровка включает в себя внешний осмотр преобразователя, проверку электрической прочности изоляции, электрического сопротивления изоляции и другие виды работ. Однако наиболее важной операцией при поверке ТЭП является определение ТЭДС при заданных значениях температуры, при этом полученные градуировочные характеристики должны соответствовать номинальным статическим характеристикам ТЭП в пределах допускаемых отклонений ТЭДС. При поверке ТЭДС должна быть определена не менее чем при четырех значениях температуры. Для поверки ТЭП используются эталонные средства измерений (ртутные стеклянные термометры; эталонные ТЭП), а также различные вспомогательные средства[21].

Практическая часть

Порядок выполнения калибровки проводится согласно методики калибровки температурного датчика SKF. Результаты оформить в виде таблицы.

Таблица 8 – Результаты измерений

№ п/п	Температура 50 °С		Температура 80 °С		Температура 100 °С	
	$T_{п}, ^\circ\text{C}$	$T_{э}, ^\circ\text{C}$	$T_{п}, ^\circ\text{C}$	$T_{э}, ^\circ\text{C}$	$T_{п}, ^\circ\text{C}$	$T_{э}, ^\circ\text{C}$
1						
2						
...						
n						
$T_{ср}$						
$\Delta, ^\circ\text{C}$						

Содержание отчета

Отчет по практической работе должен содержать следующие разделы:

1. Порядок проведения процедуры калибровки;
2. Порядок обработки полученных экспериментальных данных;
3. Оформленный протокол калибровки;
4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие эталонные средства могут использоваться при поверке термоэлектрических преобразователей и почему?
2. Порядок обработки результатов измерений.
3. Как рассчитать неопределенность?

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

6.1. Затраты на разработку методики калибровки температурного датчика

Цель экономической части дипломного проекта – заключается в расчете затрат на создание методики калибровки, определения экономической эффективности при самостоятельной разработке. Затратами на разработку можно считать все затраты, прямо относящиеся к деятельности по разработке.

В состав затрат на разработку методики калибровки температурного датчика SKF, включаются следующие статьи затрат:

- затраты на оплату труда разработчика, включая премию;
- затраты на экспертизу методики;
- затраты на материальные затраты.

К материальным затратам в данном случае можно отнести комплектующие и расходные материалы (бумага); пользование сетью Интернет; коммунальные услуги и электроэнергия.

6.2 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат за все время выполнения дипломной работы приведен в таблице 9.

Данные по ценам на коммунальные услуги и электроэнергию, расходные материалы, за доступ к сети интернет взяты из расходных накладных в отделе бухгалтерии предприятия.

Таблица 9 – Расчет материальных затрат на выполнения работ

Наименование	Количество	Стоимость единицы, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Бумага (формата А4), уп.	1	250	250

Окончание таблицы 9

1	2	3	4
Пользование сетью Интернет, мес.	1	600	600
Заправка картриджа, шт.	1	550	550
Коммунальные услуги, мес.	1	320	320
Итого			1720

6.3. Расчет затрат на оплату труда

Затраты на оплату труда разработчика вычисляют по формуле:

$$З_{\text{о.т.}} = Сч * f + П, \quad (2)$$

где $З_{\text{о.т.}}$ – затраты на оплату труда разработчика, руб.;

$Сч_{\text{ч}}$ – тарифная ставка разработчика, руб./ч.;

f – отработанное время, ч;

$П$ – премия.

$$З_{\text{о.т.}} = 144,35 * 80 + 1500 = 13048 \text{ руб.}$$

6.4. Расчет определения общих затрат

Для определения общих затрат на разработку методики составит таблицу общих затрат (таблица 10).

Таблица 10 - Расчет затрат на разработку методики калибровки

Наименование	Сумма, руб.
Затраты на оплату труда разработчика, включая премию, руб.	13048
Затраты на экспертизу методики, руб.	2475
Затраты на расходные материалы, руб.	1720
Итого, руб.	17243

Цена на экспертизу и разработку методики, взята как средняя цена по Свердловской области.

Стоимость разработки с привлечением сторонних организаций составляет около 40000 рублей.

Рассчитаем экономический эффект прибыли по формуле:

$$\mathcal{E} = \Pi_p - \Pi_c, \quad (3)$$

где \mathcal{E} – экономический эффект сокращения расходов;

Π_p – цена проекта на рынке;

Π_c – цена собственного проекта.

Подставляя значения цен в формулу 2 получаем:

$$\mathcal{E} = 40000 - 17243 = 22757 \text{ руб.}$$

Поскольку стоимость разработки методики калибровки температурного датчика для проверки работоспособности индукционного нагревателя на ООО «Уральские локомотивы» больше на рынке, чем его стоимость при самостоятельной разработке, то проект следует считать экономически эффективным.

Учитывая среднюю стоимость калибровки термоэлектрического преобразователя с выездом поверителя на место проведения калибровки, рассчитаем целесообразность разработки нашей методики.

Таблица 11 – Затраты на калибровку в сторонних организациях

Наименование	Стоимость, руб
Термопреобразователь типа ТХА	2637 (без НДС)
Услуги поверителя	1070

Зная межкалибровочный интервал равный 0,6 мес. термопреобразователя рассчитаем срок окупаемости разработанной методики по формуле:

$$X = (\Pi_{\text{и.п}} + \Pi_{\text{п}}) * 2, \quad (4)$$

где $\Pi_{\text{и.п}}$ - стоимость калибровки термопреобразователя, руб;

Хп- стоимость услуг поверителя,руб.

$$X=(2637+1070)*2= 7414 \text{ руб/год}$$

$$17243/7414= 2,3 \text{ года}$$

Через 2,3 года разработанная методика окупится.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы, поставленная цель была достигнута, благодаря выполненным задачам.

В дипломной работе проанализирована деятельность предприятия ООО «Уральские локомотивы» дана характеристика системы менеджмента качества и проведен анализ причин брака согласно ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в котором выявлены ключевые моменты по требованиям и понятиям к системе менеджмента качества.

В работе проанализированы требования к структуре и содержанию методики калибровки. На основе ГОСТ Р 8.879-2014 выстроены требования к разработке методики калибровки, отобрано содержание разделов методики калибровки температурного датчика SKF для проверки работоспособности индукционного нагревателя. В последующем методика калибровки была разработана и оформлена, в соответствии с требованиями указанными в нормативных документах.

В методической части рассмотрена программа повышения квалификации для работников лаборатории метрологической службы и разработано практическое занятие на тему «Методика калибровки термопреобразователя».

В экономической части рассчитаны общие затраты на разработку методики калибровки температурного датчика SKF для проверки работоспособности индукционного нагревателя. Согласно данным расчета проект следует считать экономически эффективным, так как стоимость разработки методики калибровки больше на рынке, чем его стоимость при самостоятельной разработке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Уральские локомотивы [Электронный ресурс]: офиц.сайт. – Режим доступа: <http://ulkm.ru/>.
2. Руководство по качеству ООО «Уральские локомотивы». – Верхняя Пышма, 2016. – 93 с.
3. Российская Федерация. Законы. Об обеспечении единства измерений [Текст]: федер.закон: [принят Гос.думой 11 июня 2008 г.: Одобр. Советом Федерации 18 июня 2008 г.] // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902107146>.
4. ГОСТ Р 8.879-2014. ГСИ. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению [Электронный ресурс]. – Введ. 2015 - 09 - 01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200118303>.
5. ГОСТ ИСО/МЭК 17025 – 2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий [Электронный ресурс]. – Введ. 2008 - 06 - 11 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200085223>.
6. Р 50.2.038-2004. ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений [Электронный ресурс] // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200037562>.
7. ГОСТ 8.558-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений температур [Электронный ресурс]. – Введ. 2012-01-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200014647>.
8. ГОСТ 12.2.007.0-75. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – Введ. 1978-01-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200008440>.

9. ГОСТ 12.3.019-80. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – Введ. 1981-07-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200009523>.

10. Российская Федерация. Приказы. Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок [Электронный ресурс]: приказ // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499037306>.

11. Индукционный нагреватель Timken. Руководство по эксплуатации. – Москва, 2015. – 13 с.

12. Калибратор – измеритель стандартных сигналов КИСС – 03. Руководство по эксплуатации. – Смоленск, 2011. – 31 с.

13. ГОСТ Р ИСО 9001- 2015. Системы менеджмента качества [Электронный ресурс]. – Введ. 2015-11-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200124394/>.

14. ГОСТ 8.338-2002. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Преобразователи термоэлектрические. Методика поверки [Электронный ресурс]. – Введ. 2003-07-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200031489>.

15. ГОСТ 6616-94. Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия [Электронный ресурс]. – Введ. 1999-01-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200023619>.

16. Термопара типа К [Электронный ресурс] // Индастриал Партнер. – Режим доступа: <http://skf.indpart.ru/mapro/condition/temperature/termopary>.

17. ГОСТ 6651-2009. ГСИ. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний [Электронный ресурс]. – Введ. 2011-01-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200082733>.

18. Положении о повышении (подтверждении) квалификационных разрядов рабочим; Уральские локомотивы. – Верхняя Пышма, 2013. – 8 с.

19. Профессиональный стандарт № 40.012 «Специалист по метрологии» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – Режим доступа: www.consultant.ru.

20. Программа повышения квалификации «Методы и средства контроля и их метрологическое обеспечения». – 2017. – 12 с.

21. Атрашенко Ю.К., Кравченко Е.В. Метрология стандартизация и сертификация: – учебное пособие. – Томск 2014. – 88 с.

22. ГОСТ Р ИСО 21748-2012. Статистические методы. Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений. – Введ. 2013-12-01. – Москва : Стандартинформ, 2014.

23. ГОСТ Р 54500.3-2011. Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения [Электронный ресурс]. – Введ. 2012-10-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200088855>.

24. СТО 8.3-01. Управление несоответствующей продукцией; Уральские локомотивы. – Верхняя Пышма, 2014. – 29 с.

25. И 8.2 – 04/01. Идентификация статуса соответствующей и несоответствующей продукции; Уральские локомотивы. – Верхняя Пышма, 2017. – 12 с.

26. Термометр (термопреобразователь) сопротивления: виды, устройство, принцип действия [Электронный ресурс] // Теплоэнергетика и энергоресурсы. – Режим доступа: <http://teplosniks.ru>.

27. Устройство термометров сопротивления [Электронный ресурс] // studfiles. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/2610433/page:4/>.

28. ГОСТ Р 8.585-2001. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования [Электронный ресурс] – Введ. 2002-07-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200028583>.

29. Описание типа средств измерения [Электронный ресурс] // Росстандарт. – Режим доступа: <http://www.fundmetrology.ru/10tipysi/11/>.

30. ГОСТ 29224-91 (ИСО 386-77). Посуда лабораторная стеклянная. Термометры жидкостные стеклянные лабораторные. Принципы устройства, конструирования и применения [Электронный ресурс]. – Введ. 1993-01-01 // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200023611>.

31. Термостат жидкостный «Термотест – 100». Руководство по эксплуатации. – Томск, 2013. – 16 с.

32. Российская Федерация. Приказы. Об утверждении Критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации [Электронный ресурс]: приказ // Техэксперт. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420203443>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Акт управления несоответствующей продукцией

Регистрация № _____ от « _____ » _____

Обнаружено в цехе _____ участок № _____ смена мастера _____

Выявлено на операции _____ Стадия обнаружения: _____

Признак несоответствия _____ № смены _____

Заказ № _____

Наименование изделия _____

Обозначение чертежа (код детали) _____

Наименование детали _____

Предъявлено _____ шт. Не соответствует _____ шт.
(количество) (количество)

Описание несоответствия: отклонения от чертежа и ТУ	Эскиз

Работник ОТК, обнаруживший несоответствие:

штамп, подпись, дата

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ООО «Уральские локомотивы»

СОГЛАСОВАНО Начальник департамента по управлению качеством (заместитель генерального директора) ООО «Уральские локомотивы» _____ В. Цайгер «_____» _____ 2018 г.	УТВЕРЖДАЮ Главный метролог ООО «Уральские локомотивы» _____ Л. Ф. Еремина «_____» _____ 2018 г.
--	---

Государственная система обеспечения единства измерений

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ДАТЧИК SKF

Методика калибровки

Проект

Екатеринбург

2018

Предисловие

РАЗРАБОТАНА ООО «Уральские локомотивы», г. Верхняя Пышма

ИСПОЛНИТЕЛЬ Л.Ж. Колупаева

УТВЕРЖДЕНА ООО «Уральские локомотивы»

ВВЕДЕНА ВПЕРВЫЕ

Содержание

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ
3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ
 - 3.1. Сведения о метрологических характеристиках индукционного нагревателя
 - 3.2. Средства калибровки
 - 3.3. Требование к условиям проведения калибровки
4. ТРЕБОВАНИЕ К КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ
5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
6. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ КАЛИБРОВКИ
7. ПРОЦЕДУРА КАЛИБРОВКИ
8. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ
9. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КАЛИБРОВКИ

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на температурный датчик SKF, который входит в структуру измерительной системы индукционного нагрева фирмы «Timken» и устанавливает методы и средства калибровки.

Измерительная система индукционного нагрева предназначена для нагрева подшипников, втулок, зубчатых колес, шестерней и других металлических компонентов, с целью облегчения монтажа с определенным натягом данных деталей.

Измерительная система индукционного нагрева подлежит первичной калибровке при изготовлении и выпуске из ремонта, периодической калибровке – в процессе эксплуатации.

Рекомендуемый интервал между калибровками – 6 мес.

Настоящая методика предназначена для применения на объектах ООО «Уральские локомотивы».

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

1. ГОСТ 12.2.007.0-75» Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
2. ГОСТ 12.3.019-80 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности»;
3. Приказа Минтруда России от 24.07.2013 № 328н « Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;
4. ГОСТ 8.338-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Преобразователи термоэлектрические. Методика поверки»;
5. ГОСТ 6616-94 «Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия»;

6. ГОСТ Р 8.585-2001 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования»;

7. ГОСТ 8.558-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений температуры».

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

3.1. Сведения о метрологических характеристиках температурного датчика

3.1.1. Основные метрологические характеристики температурного датчика представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики индукционного нагревателя.

Наименование характеристики	Значение характеристики
Тип термопары	хромель-алюмелевая (ТХА)
Класс точности	1
Предел измерения	240 °C (460) °F
Предел допускаемых отклонений $\pm \Delta t$, °C	От $\pm 1,5$ °C (2,7 °F) до 375 °C (707 °F)
Коэффициент преобразования мВ/°C * 10 ³	16,1...39,0

3.2. Средства калибровки

3.2.1. При проведении калибровки используют средства измерений приведенные в таблице 2 и удовлетворяющие следующему критерию:

$$\Delta \varepsilon / \Delta \pi \leq 1/3, \quad (1)$$

где $\Delta \varepsilon$ - погрешность эталонных СИ,

$\Delta \pi$ - погрешность поверяемого датчика.

Таблица 2 – Средства калибровки

Номер пункта методики	Наименование и тип средства калибровки	Метрологические характеристики	
		Предел измерения	Предел допускаемой основной погрешности
7.5.1	Калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03	От - 185,0° С до + 850,0 ° С.	±0,3 °С
	Термометр ртутный стеклянный лабораторный ТЛ-4 № 3	от 50° С до 105 ° С	±0,3°С
	Термостат «ТЕРМОТЕСТ-100»	От -30 ° С до 100 ° С	±0,01°С

3.2.2. Для проведения калибровки допускается применение других средств, не приведенных в таблице 2, удовлетворяющие требованиям по точности.

3.2.3 Все эталоны и средства измерений, используемые при проведении калибровки, должны иметь действующие свидетельства об аттестации и сертификаты калибровки (свидетельства о поверке).

Вспомогательное оборудование должно быть исправно и проверено на функционирование в соответствие с эксплуатационной документацией.

3.3. Требование к условиям проведения калибровки

При проведении калибровки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20±5
- относительная влажность, % не более 80
- атмосферное давление, кПа 101,3±4,0

4. ТРЕБОВАНИЕ К КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ

К проведению калибровки допускаю лиц, изучивших эксплуатационную документацию на индукционные нагреватели, имеющие необходимую квалификацию и аттестованные в качестве калибровщика.

5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

При проведении калибровки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.3.019-80 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности», Приказа Минтруда России от 24.07.2013 № 328н « Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

Должны также быть обеспечены требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах калибруемого индукционного нагревателя и средств калибровки.

6. ПОДГОТОВКА К ПРОВЕДЕНИЮ КАЛИБРОВКИ

6.1. Проверить наличие и состояние средств калибровки согласно их эксплуатационной документации.

6.2. Проверить наличие действующих свидетельств о поверке (калибровки) на средства измерений, используемых при калибровке.

6.3. Подготовка к работе индукционного нагревателя и температурного датчика в соответствии с руководством по эксплуатации.

7. ПРОЦЕДУРА КАЛИБРОВКИ

При проведении калибровки образца, должны выполняться операции согласно таблице 1.

Таблица 1– Операции калибровки.

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта методики калибровки	Операции	
			При выпуске и после ремонта	При эксплуатации и хранении
1	2	3	4	5

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
1.1	Внешний осмотр	7.1	+	+
1.2	Опробование	7.2	+	+
1.3	Проверка электрической прочности изоляции	7.3	+	-
1.4	Проверка электрического сопротивления изоляции	7.4	+	+
1.5	Определение метрологических характеристик	7.5	+	+
1.6	Определение ТЭДС ЧЭ ТП при заданных значениях температуры	7.5.1.	+	+
1.7	Определение абсолютной погрешности показаний сенсорного дисплея	7.5.2.	+	+

7.1. Внешний осмотр.

При проведении внешнего осмотра проверить:

- соответствие комплектности;
- наличие и четкость нанесение надписей и маркировок;
- отсутствие механических повреждений на корпусе
- целостность датчика (отсутствие трещин или вмятин на корпусе).

7.2. Опробование.

7.2.1. Подключить нагреватель к сети с помощью кабеля, входящего в комплект поставки. Установить тумблер главного выключателя на панели корпуса нагревателя в положение «1 ON».

7.2.2. Подсоединить шнур датчика температуры в гнездо на боковой панели корпуса нагревателя.

7.2.3. На панели управления загорится дисплей пульта управления, после прохождения теста покажет установленную «по умолчанию» температур.

7.2.4. При несоответствии реакции температурного датчика на задаваемые входные воздействия его бракуют и направляют на доработку.

7.3. Проверка электрической прочности изоляции

Проверку электрической прочности изоляции проводят только при первичной поверке. Электрическую прочность изоляции ТП в сборе проверяют перед проведением операций по 6.1 и 7.2.

Электрическая прочность изоляции не должна превышать указанной в НД.

7.4. Проверка электрического сопротивления изоляции

Проверку электрического сопротивления изоляции поверяемых ТП проводят по ГОСТ 6616. Электрическое сопротивление ТП в сборе проверяют перед проведением операций по 6.1 и 7.2.

Электрическое сопротивление изоляции поверяемых ТП не должно превышать указанного в НД.

7.5. Определение метрологических характеристик.

7.5.1. Определение ТЭДС ЧЭ ТП при заданных значениях температуры

Градуировочные характеристики ЧЭ поверяемых ТП должны соответствовать НСХ соответствующего типа в пределах допускаемых отклонений ТЭДС.

При проверке этого требования определяют ТЭДС ЧЭ ТП при нескольких заданных значениях температуры его рабочего конца и температуре свободных концов. Полученные результаты измерений сравнивают с данными НСХ соответствующего типа ТП при тех же значениях температуры.

При поверке ЧЭ ТП их ТЭДС должна быть определена не менее чем при четырех значениях температуры. Так как ЧЭ ТП применяется в более узком диапазоне температуры, допускается определять ТЭДС в границах этого диапазона, но не менее чем при трех значениях температуры, равноотстоящих друг от друга.

ТЭДС ЧЭ ТП типа ТХА (К), ТНН при заданных значениях температуры определяют в последовательности, указанной ниже.

Нагревают термостат до 50 °С, 80 °С, 100 °С с допускаемыми отклонениями, не превышающими $\pm 0,5$ °С.

Температуру термостата контролируют эталонным ртутным стеклянным термометром ТЛ-4 №3. При проведении измерений ТЭДС ТП температурный ход не должен превышать 0,1 °С/мин.

Цикл измерений осуществляют непрерывным отсчетом показаний до получения четырех отсчетов показаний эталонного термометра и ТЭДС ЧЭ каждого поверяемого ТП. Интервалы времени между отсчетами показаний средств измерений во всем измерительном цикле должны быть примерно одинаковыми.

По показаниям ртутных стеклянных термометров определяют и вносят в протокол поверки значения температуры свободных концов ЧЭ поверяемых ТП и эталонного ТП, помещенных в термостат для свободных концов. Погрешность измерений температуры свободных концов ЧЭ ТП не должна превышать $\pm 0,1$ °С.

7.5.2. Определение абсолютной погрешности показаний сенсорного дисплея.

К выходу сенсорного дисплея подключают калибратор – регулятор стандартных сигналов КИСС-03 (далее – калибратор). Задают на калибраторе ТЭДС соответствующую температурам 50 °С, 80 °С, 100 °С и проводят измерения. Разность показаний температуры сенсорного дисплея и калибратора будет являться абсолютная погрешность.

7.5.3. Результаты поверки заносят в таблицу Б.1 (приложение Б.1).

8. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

8.1. Абсолютную погрешность ΔT измерения температуры определяют как разность показаний:

$$\Delta T = T_i - T_o \text{ } ^\circ\text{C} , \quad (2)$$

где T_i - показания калибруемого термометра;

То- показания эталонного термометра.

Результаты расчета погрешности заносят в протокол (Приложение Б.1).

8.2. При отсутствии необходимости принятия решения по 8.1 оценивают неопределенность измерений (Приложение Б.2).

9. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КАЛИБРОВКИ

9.1. При положительных результатах калибровки в отдельных случаях по требованию оформляется «Сертификат калибровки».

9.2. При результатах калибровки, неудовлетворяющих положения и требования данной методики, выписывается «Извещение о непригодности к применению» с указанием соответствующей информации

Приложение Б.1
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ КАЛИБРОВКИ № _____

1. Средство измерений _____
наименование, тип, модификация, заводской номер
2. Дата проведения калибровки _____
3. Подразделение _____
4. Методика калибровки _____
наименование методики калибровки, номер
5. Калибровка проведена с применением эталонных СИ: _____
наименование, тип, заводской номер, разряд, класс, неопределенность, погрешность
6. Условия проведения калибровки _____
температура, влажность воздуха

Результаты калибровки:

Таблица Б.1 – Результаты калибровки

№ п/п	Температура 50 °С		Температура 80 °С		Температура 100 °С	
	$T_{п}, ^\circ\text{C}$	$T_{э}, ^\circ\text{C}$	$T_{п}, ^\circ\text{C}$	$T_{э}, ^\circ\text{C}$	$T_{п}, ^\circ\text{C}$	$T_{э}, ^\circ\text{C}$
1						
2						
3						
...						
$T_{ср}$						
$\Delta, ^\circ\text{C}$						

Примечание – допускается при необходимости добавлять в таблицу дополнительные столбцы и строки или исключать неиспользуемые.

Заключение _____

Неопределенность _____ °С или %
указать, стандартная или расширенная

Специалист,
проводивший калибровку _____
подпись _____ *фамилия, инициал*

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.2

Оценивание стандартной неопределенности типа А

1. Статистическая оценка среднего значения независимых измерений всего определяется как среднее арифметическое, по формуле:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k, \quad (1)$$

где q_k – результат одного измерения одного параметра, 0С;

n – количество измерений одной величины.

2. Разброс значений в наблюдениях обусловлен случайными изменениями влияющих величин. Выборочную дисперсию $s^2(q_k)$, являющуюся оценкой дисперсии для данного распределения вероятностей величины, получают по формуле:

$$s^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 \quad (2)$$

Положительный квадратный корень $s(q_k)$ из выборочной дисперсии называют выборочным стандартным отклонением. Эта величина характеризует изменчивость наблюдений или, точнее, их разброс относительно среднего значения \bar{q} .

3. Наилучшей оценкой дисперсии среднего значения является $\sigma^2(\bar{q})$, $\sigma^2(\bar{q}) = \sigma^2 / n$, которая определяется по формуле:

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q_k)}{n}, \quad (3)$$

Выборочная дисперсия среднего значения $s^2(\bar{q})$ и выборочное стандартное отклонение среднего значения $s(\bar{q})$, равное положительному квадратному корню из $s^2(\bar{q})$, определяют количественно, насколько хорошей оценкой математического ожидания μ_q величины q является \bar{q} , и могут быть использованы в качестве меры неопределенности \bar{q} .

Таким образом, стандартную неопределенность оценки $x_i = \bar{X}_i$, полученную по независимым повторным наблюдениям входной величины, определяют как $u(x_i) = s(\bar{X}_i)$ с использованием формулы для оценки $s^2(\bar{X}_i)$.